

**PRAE- UND POSTOPERATIVE HÄMODYNAMIK
BEIM TRICHTERBRUSTPATIENTEN**

von

Savvas Caragiosis

←
aus

Akritochorion/Griechenland

1969 № 385

Aus der Chirurgischen Klinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. med. G. Hegemann

PRAE- UND POSTOPERATIVE HÄMODYNAMIK BEIM TRICHTERBRUSTPATIENTEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Savvas Caragiosis

aus

Akritochorion/Griechenland

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. H. Valentin
Referent: Priv.-Doz. Dr. Leutschaff
Korreferent: Professor Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 26. 9. 1969

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
II. Material und Methode	2
III. Ergebnisse	4
IV. Diskussion	24
V. Zusammenfassung	36
VI. Literatur	39

I. Einleitung

In der vorliegenden Arbeit wird mit Hilfe der sphymographischen Untersuchungen nach der Methode von Brömser und Ranke (6,10,12) die Auswirkung der Trichterbrust auf das Herz und den peripheren Kreislauf vor und nach der operativen Korrektur der vorderen Brustwanddeformität untersucht. Diese Untersuchungen sind unseres Erachtens nach insofern von Wichtigkeit, da vereinzelt im Schrifttum die Anschauung vertreten wird, daß die Trichterbrustoperation lediglich eine kosmetische Korrektur sei (14). Außerdem soll durch die Trichterbrust die Herz- und Kreislaufdynamik nicht verändert werden.(11).

II. Material und Methode

1. Material

Das auszuwertende Gesamtgut, bei dem die Methode nach Brömser und Ranke zur physikalischen Kreislaufanalyse angewandt wurde, bestand aus präoperativen sowie postoperativen Untersuchungen von insgesamt 76 Trichterbrustpatienten. Das Material wurde in Gruppen eingeteilt, um so die postoperativen Ergebnisse besser zur Darstellung zu bringen. Die Einteilung erfolgte nicht nach dem Alter, sondern nach dem postoperativen Ergebnis.

2. Methodik

Für die Auswertung der Registrierkurven waren folgende Größen notwendig: Der systolische Blutdruck, der diastolische Blutdruck sowie die Blutdruckamplitude. Der mittlere arterielle Blutdruck wurde mathematisch bestimmt: $P_m = P_{diast.} + 0,43 \cdot \Delta P$ in mmHg. Der Aortenquerschnitt wurde aus der von SUTTER modifizierten Tabelle entnommen (10). Aus der registrierten Kurve, die aus einer EKG-Ableitung, einem Carotis- und Femoralispuls und einem Phonokardiogramm zusammengesetzt ist, wurden folgende Größen ausgemessen:

S = Systolendauer = Austreibungszeit

T = Pulsperiodendauer

D = Diastolendauer = T-S

Fr = Herzfrequenz = 60/T

Δt = Pulszeitverspätung

Die oben genannten Größen wurden in Sekunden oder Millisekunden gemessen. Aus der Kurve waren noch folgende Größen bestimmt:

UZ = Umformungszeit

Ges.S = Gesamtsystole

= Spannungszeit + Austreibungszeit

= A + S

A = Spannungszeit

= Ges.S. - S

= Gesamtsystole minus Austreibungszeit

DAZ = Druckanstiegszeit

= Spannungszeit - Umformungszeit (A - UZ)

Aus der Austreibungszeit und Anspannungszeit läßt sich der Quotient S/A = Austreibungszeit/Anspannungszeit bestimmen, der für die Leistung des Herzens von besonderer Wichtigkeit ist (1). Aus den bisher angeführten Meßgrößen konnten nun folgende Werte berechnet werden (prä-, sowie postoperativ):

c	= Pulswellengeschwindigkeit = $\Delta S/\Delta t$, cm/sec.
V_s	= Schlagvolumen des Herzens, ml
V_m	= Herzminutenvolumen, ml/min.
E'	= Volumenelastizitätskoeffizient oder elastischer Widerstand, dyn/cm ⁵
W	= Peripherer Widerstand, dyn.sec/cm ⁵
E/W	= Dämpfungsfaktor des arteriellen Windkessels
H_A	= Herzarbeit in cmg
H_L	= Herzleistung in cm g/sec
H_I	= Herzindex = $V_m/\text{Kofl. in } 1/m^2/\text{min.}$, wobei V_m = Herzminutenvolumen und Kofl. = Körper- oberfläche in m ² bedeuten.

Die Körperoberfläche wird nach einem Nomogramm bestimmt aus dem Gewicht in kg und Größe in cm (Geigy-Tabelle).

III. Ergebnisse

Gruppe 1

Sie umfaßt Patienten, bei denen die hämodynamischen Werte nach der Operation gut bis sehr gut sind. Fallzahl: 19. Dies entspricht einem Prozentsatz von 25 % der gesamten Fallzahl (76 Fälle).

Tabelle 1: Mittelwerte, Streubreite der Einzelwerte und mittlere Fehler der Mittelwerte

Meßgröße	Präoperativ			Postoperativ		
	m	σ	$3\bar{\sigma}$	m	σ	$3\bar{\sigma}$
UZ, sec	0,052	0,0094	0,0065	0,052	0,010	0,0071
A sec	0,081	0,0122	0,0084	0,076	0,012	0,0085
DAZ sec	0,028	0,0089	0,0061	0,024	0,008	0,0056
S/A	3,55	0,56	0,388	3,79	0,58	0,399
Vs ml	45,29	20,77	14,30	62,95	24,80	17,069
E/W	0,77	0,14	0,10	1,03	0,24	0,17
H _I	2,63	0,47	0,323	3,70	0,58	0,40

Abkürzungen: UZ = Umformungszeit, A = Anspannungszeit, DAZ = Druckanstiegszeit, S/A = Austreibungszeit/Anspannungszeit, Vs = Schlagvolumen, E/W = Elastizitätskoeffizient/peripherer Widerstand, H_I = Herzindex in l/m²/min., m = Mittelwert, σ = Streuung der Einzelwerte, $3\bar{\sigma}$ = Mittlerer Fehler des Mittelwertes, S/A: dimensionslos.

Tabelle 1a:

Meßgröße	UZ	A	DAZ	S/A	Vs	E/W	H _I
Signifikanter Unterschied ⁺	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja

+ Signifikanz: Ein Mittelwert ist von einem unter gleichen Bedingungen gefundenen anderen Mittelwert dann signifikant verschieden, wenn der Abstand zwischen beiden größer ist als 3Sigma quer ($3\bar{\sigma}$).

Tabelle 2: Anspannungszeit und Frequenz des Herzens,
Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	A	Fr.	E/W	A	Fr.	E/W
10	0,085	79,0	1,085	0,08	81,6	1,163
13	0,065	79,0	0,62	0,075	88,3	1,142
15	0,08	63,8	0,64	0,09	56,4	0,83
19	0,08	56,6	0,541	0,075	89,6	1,042
22	0,08	65,6	0,642	0,065	78,45	1,09
31	0,10	67,8	0,92	0,095	78,0	1,125
39	0,085	72,75	0,785	0,085	82,25	1,092
47	0,06	87,0	0,833	0,06	87,0	1,294
53	0,08	73,2	0,749	0,06	81,6	1,101
54	0,10	66,0	0,578	0,08	72,35	1,034
56	0,065	85,1	0,815	0,065	94,5	1,11
65	0,065	78,0	0,731	0,06	87,75	1,103
67	0,08	81,1	0,894	0,065	91,6	1,054
68	0,075	74,05	0,792	0,07	74,05	1,171
73	0,10	63,8	0,68	0,08	76,0	0,945
80	0,09	67,8	0,595	0,08	92,4	1,172
81	0,075	60,95	0,847	0,085	76,0	0,976
82	0,085	80,55	0,89	0,075	81,1	1,027
91	0,095	100,0	1,004	0,105	90,25	1,133

Tabelle 3: Druckanstiegszeit und Frequenz des Herzens sowie
Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	DAZ	Fr.	E/W	DAZ	Fr.	E/W
47	0,02	87,0	0,83	0,02	87,0	1,294
56	0,01	85,1	0,81	0,02	94,5	1,11
65	0,015	78,0	0,73	0,015	85,75	1,1
80	0,03	67,8	0,59	0,03	92,4	1,17
91	0,035	100,0	1,0	0,04	90,25	1,133

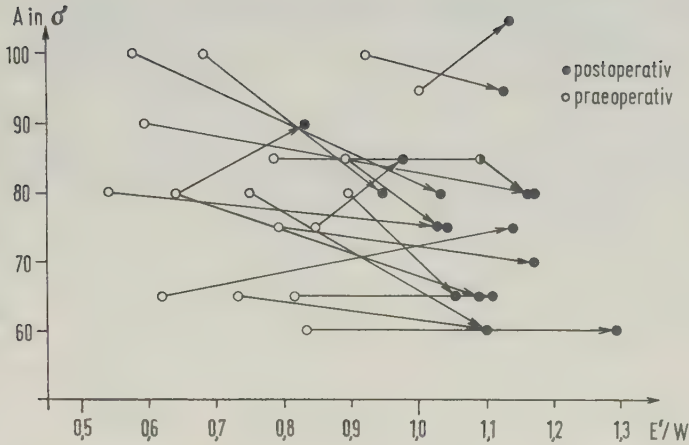


Abb. 1: Abhängigkeit der Anspannungszeit (Ordinate) vom Quotienten E/W (Abszisse).

Die Anspannungszeit wird nach der Operation kürzer, d.h. sie nimmt normalere Werte an, und der Quotient E/W größer, d.h., daß der periphere Widerstand abnimmt.⁺

Tabelle 4: Quotient S/A , Schlagvolumen des Herzens, Herzindex und nach der Operation vergangene Zeit (Post.Z.) in Jahren

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ			
	S/A	V_s	H_I	S/A	V_s	H_I	Post.Z.
10	3,35	22,3	3,205	3,62	32,2	3,7	10/12
13	4,46	24,7	2,5	3,73	37,5	3,6	1 7/12
15	3,75	57,5	2,06	3,44	109,2	3,27	2 2/12
19	3,75	41,85	2,34	3,66	56,2	3,78	4 3/12
22	3,43	55,05	2,75	4,08	81,75	4,65	8/12
31	2,9	55,55	2,765	3,10	59,75	3,04	1 6/12

+Wie aus der graphischen Darstellung zu sehen ist, wird die Anspannungszeit nach der Operation kürzer, d.h. die Werte normalisieren sich. Gleichzeitig wird der Quotient E/W größer, da der periphere Widerstand abnimmt.

Tabelle 4 (Fortsetzung):

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ			
	S/A	Vs	H _I	S/A	Vs	H _I	Post.Z.
39	3,53	54,4	2,485	3,29	71,1	3,30	2 8/12
47	4,67	25,0	2,62	4,84	41,1	3,64	8/12
53	3,37	59,0	2,48	4,42	69,0	3,21	3 6/12
54	3,05	82,0	2,715	3,755	89,5	3,125	6/12
56	4,0	20,5	3,115	4,08	27,15	3,98	6/12
65	4,075	35,8	2,41	4,75	47,95	3,075	3 10/12
67	3,5	33,4	3,445	4,075	38,5	4,125	11/12
68	3,865	55,4	2,6	4,43	102,3	4,74	1 2/12
73	3,1	95,0	2,805	3,935	94,0	3,175	3 5/12
80	3,055	24,4	1,901	3,255	47,4	4,78	3/12
81	4,2	57,0	1,865	3,355	86,5	3,575	2 5/12
82	3,0	34,15	3,605	3,665	55,05	4,42	2 11/12
91	2,525	27,65	2,325	2,525	49,95	3,17	3 5/12

Gruppe 2

Sie umfaßt ebenfalls Patienten mit guten postoperativen Werten, unterscheidet sich aber von der ersten Gruppe dadurch, daß hier der Dämpfungsfaktor E/W größere Werte annimmt, d.h. daß der periphere Widerstand mehr abnimmt. Hier hat also das Herz einen kleineren Widerstand zu überwinden. Fallzahl: 10. In Prozenten ausgedrückt macht dies 13,15 % aus.

Tabelle 6: Anspannungszeit und Frequenz des Herzens,
Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	A	Fr.	E/W	A	Fr.	E/W
3	0,065	111,0	1,648	0,055	102,5	1,486
7	0,06	116,5	1,42	0,06	94,5	1,418
9	0,09	74,0	0,74	0,07	82,2	1,321
28	0,08	96,0	1,168	0,075	98,4	1,328
29	0,085	102,5	1,329	0,07	102,5	1,4
57	0,05	104,4	1,538	0,065	120,0	2,145
70	0,05	87,6	1,329	0,085	93,0	1,575
76	0,10	105,2	1,229	0,065	96,0	1,678
79	0,08	80,55	1,037	0,075	89,55	1,41
86	0,065	96,8	0,94	0,075	106,1	1,506

Eine graphische Darstellung zu der Tabelle 6 zeigt die Abhängigkeit der Anspannungszeit vom Quotienten E/W .

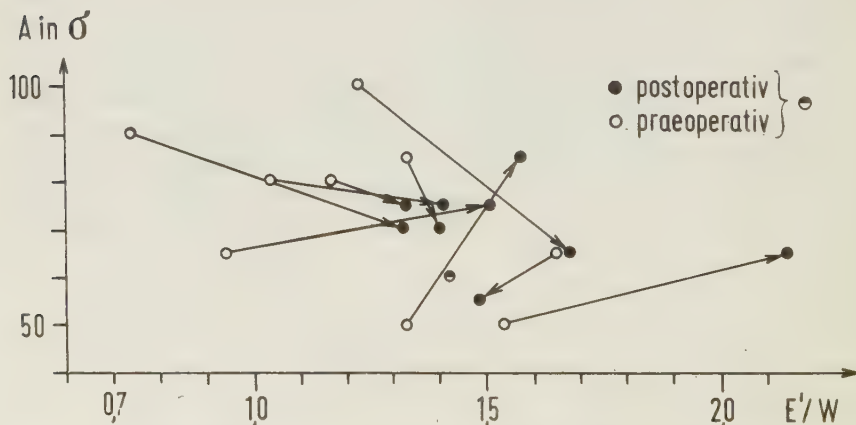


Abb. 2: Abhängigkeit der Anspannungszeit (Ordinate) vom Dämpfungsfaktor E/W (Abszisse).

Die Anspannungszeit nimmt normalere Werte an bei größer werdendem Quotienten E/W . Bei einem Fall verschiebt sich der Wert des Quotienten in Richtung Normbereich.

Tabelle 7: Druckanstiegszeit, Herzfrequenz und Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	DAZ	Fr.	E/W	DAZ	Fr.	E/W
3	0,015	111,0	1,648	0,015	102,5	1,486
7'	0,015	116,5	1,42	0,015	94,5	1,418
9	0,04	74,0	0,74	0,015	82,2	1,321
28	0,03	96,0	1,168	0,025	98,4	1,328
29	0,02	102,5	1,329	0,02	102,5	1,4
57	0,005	104,4	1,538	0,015	120,0	2,145
70	0,015	87,6	1,329	0,03	93,0	1,575
76	0,05	105,2	1,229	0,025	96,0	1,678
79	0,02	80,55	1,037	0,025	89,55	1,41
86	0,02	96,8	0,94	0,035	106,1	1,506

Tabelle 8: Quotient S/A, Herzindex und nach der Operation
vergangene Zeit in Jahren (Post.Z.)

Pat.- Nr.	Präoperativ		Postoperativ		
	S/A	H _I	S/A	H _I	Post.-Z.
3	3,615	4,71	4,455	4,85	9/12
7	3,755	3,34	4,5	4,435	1 1/12
9	3,115	2,57	4,075	3,295	1 6/12
28	3,185	3,18	3,535	5,02	3/12
29	2,825	3,445	3,5	4,67	1 4/12
57	5,2	6,69	3,77	9,66	7/12
70	5,5	3,515	3,0	3,86	1
76	2,15	1,958	4,0	4,395	1 1/12
79	3,375	2,815	3,665	3,8	1 7/12
86	3,615	2,685	3,065	4,215	10/12

Tabelle 10: Anspannungszeit, Frequenz des Herzens,
Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	A	Fr.	E/W	A	Fr.	E/W
8	0,07	96,8	1,21	0,085	81,1	1,13
36	0,06	115,2	0,77	0,075	82,8	1,17
52	0,06	90,2	1,14	0,065	92,4	0,98
45	0,07	84,5	1,10	0,055	91,6	1,08
58	0,075	72,3	1,17	0,075	80,0	1,08
59	0,07	81,6	0,98	0,065	80,0	0,85
64	0,08	79,5	1,15	0,080	88,3	1,00
71	0,055	80,0	1,13	0,07	82,8	1,01
88	0,085	76,0	0,75	0,08	73,2	0,71

Die Abb. 3 zeigt die Abhängigkeit der Anspannungszeit vom Dämpfungsfaktor E/W graphisch dargestellt.

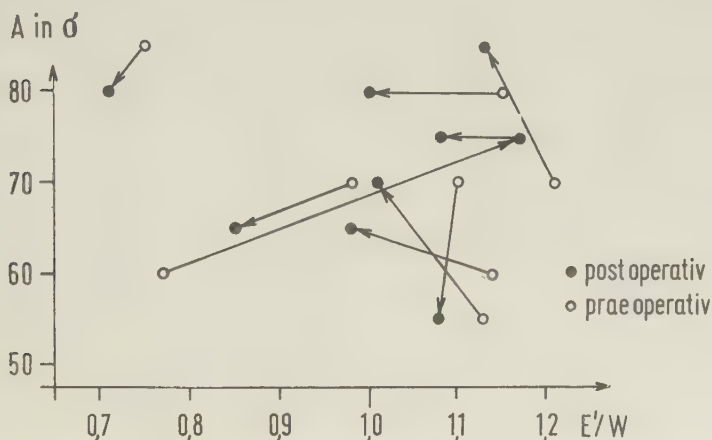


Abb. 3: Abhängigkeit der Anspannungszeit vom Quotienten E/W .
In der Ordinate ist die Anspannungszeit, in der Abszisse der Quotient E/W aufgetragen. Die Anspannungszeit schwankt im Bereich der Norm bei einem meist im Normbereich liegenden Quotienten E/W . Bei einem Fall (links oben) wird die Anspannungszeit normaler, obwohl der Quotient E/W die untere Grenze der Norm unterschritten hat.

Tabelle 11: Druckanstiegszeit des Herzens, Herzfrequenz und Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	DAZ	Fr.	E/W	DAZ	Fr.	E/W
8	0,02	96,8	1,21	0,015	81,1	1,13
36	0,02	115,2	0,77	0,02	82,2	1,17
45	0,025	84,5	1,10	0,01	91,6	1,08
52	0,01	90,2	1,14	0,015	92,4	0,98
58	0,03	72,3	1,17	0,02	80,0	1,08
59	0,02	81,6	0,98	0,025	80,0	0,85
64	0,015	79,5	1,15	0,015	88,3	1,00
71	0,025	80,0	1,13	0,03	82,8	1,01
88	0,025	76,0	0,75	0,03	73,2	0,71

Tabelle 12: Quotient S/A, Herzindex und nach der Operation vergangene Zeit in Jahren (Post.Z.)

Pat.- Nr.	Präoperativ		Postoperativ		
	S/A	H _I	S/A	H _I	Post.Z.
8	3,715	4,76	3,175	4,14	3 3/12
36	3,835	5,51	3,47	5,11	2
45	3,86	3,23	5,0	3,26	3 1/12
52	4,75	4,52	4,31	3,52	11/12
58	3,865	5,74	3,935	5,175	1/12
59	3,86	3,73	4,155	3,415	1
64	3,5	3,665	3,375	3,175	1 6/12
71	5,365	3,795	3,93	3,285	2 9/12
88	3,475	3,515	3,69	3,195	2 8/12

Tabelle 14: Anspannungszeit, Herzfrequenz und Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	A	Fr.	E/W	A	Fr.	E/W
1	0,095	97,5	1,59	0,085	85,0	1,02
27	0,055	100,0	1,74	0,06	103,4	1,80
30	0,085	82,2	1,21	0,10	76,0	0,91
60	0,055	102,5	1,60	0,065	85,75	1,14
69	0,05	93,8	1,32	0,075	97,6	1,26
74	0,06	91,0	1,4	0,08	81,6	0,97

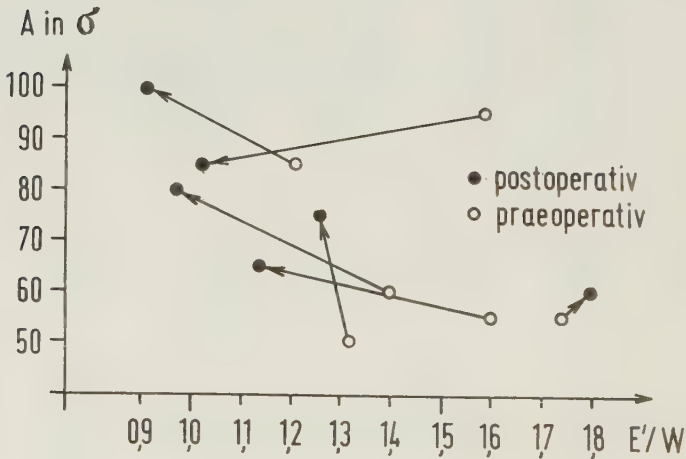


Abb. 4: Abhängigkeit der Anspannungszeit (Ordinate) vom Quotienten E/W (Abszisse).

Während die Anspannungszeit ihre normalen Werte behält, normalisiert sich, mit einer Ausnahme, der Quotient E/W.

Tabelle 15: Druckanstiegszeit, Herzfrequenz und Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	DAZ	Fr.	E/W	DAZ	Fr.	E/W
1	0,03	97,5	1,59	0,03	85,0	1,02
27	0,015	100,0	1,74	0,02	103,4	1,80
30	0,025	82,8	1,21	0,04	76,0	0,91
60	0,015	102,5	1,6	0,02	85,75	1,14
69	0,01	93,8	1,32	0,015	97,6	1,26
74	0,015	91,0	1,4	0,03	81,6	0,97

Tabelle 16: Quotient S/A, Herzindex und nach der Operation vergangene Zeit in Jahren (Post.Z.)

Pat.- Nr.	Präoperativ		Postoperativ		
	S/A	H _I	S/A	H _I	Post.Z.
1	2,68	4,15	3,47	3,29	3 5/12
27	4,55	5,98	4,34	5,6	4/12
30	3,235	3,24	2,9	3,135	2 6/12
60	4,365	5,98	4,0	4,91	2 1/12
69	4,8	3,995	3,465	3,935	7/12
74	4,42	4,24	3,315	3,34	1 2/12

Gruppe 5

Diese Gruppe enthält Patienten, die zwar nach der Operation bessere Werte aufweisen, die aber den Normalbereich nicht erreicht haben. Man kann das Ergebnis als unbefriedigend bezeichnen. Fallzahl: 10. Dies entspricht 13,15 % der gesamten Fallzahl.

Tabelle 17: Mittelwerte, Streubreite der Einzelwerte und
mittlere Fehler der Mittelwerte

Meßgröße	Präoperativ			Postoperativ		
	m	σ'	3σ	m	σ'	3σ
UZ, sec	0,054	0,0070	0,0067	0,055	0,0084	0,0080
A, sec	0,087	0,0067	0,0064	0,078	0,0117	0,0111
DAZ, sec	0,032	0,0082	0,0078	0,023	0,0070	0,0067
S/A	3,2	0,49	0,46	3,76	1,11	1,06
Vs, ml	43,84	18,86	17,90	55,42	23,29	22,10
E/W	0,67	0,12	0,12	0,86	0,11	0,10
H _I	2,04	0,39	0,37	2,61	0,25	0,24

Tabelle 17a

Meßgröße	UZ	A	DAZ	S/A	Vs	E/W	H _I
Signifi- kanter Unter- schied	nein	nein	ja	nein	nein	ja	ja

Tabelle 18: Anspannungszeit, Herzfrequenz und Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	A	Fr.	E/W	A	Fr.	E/W
17	0,10	87,6	0,88	0,085	87,6	0,99
21	0,09	59,6	0,52	0,08	81,6	0,92
25	0,085	71,45	0,76	0,09	78,45	0,93
32	0,09	70,6	0,65	0,085	80,55	0,88
40	0,09	66,0	0,78	0,09	69,0	0,94
41	0,075	87,6	0,53	0,075	76,9	0,62
43	0,09	49,6	0,62	0,08	69,0	0,82
44	0,09	69,8	0,52	0,05	68,2	0,91
62	0,085	101,7	0,77	0,08	85,2	0,72
87	0,08	83,4	0,67	0,07	91,0	0,85

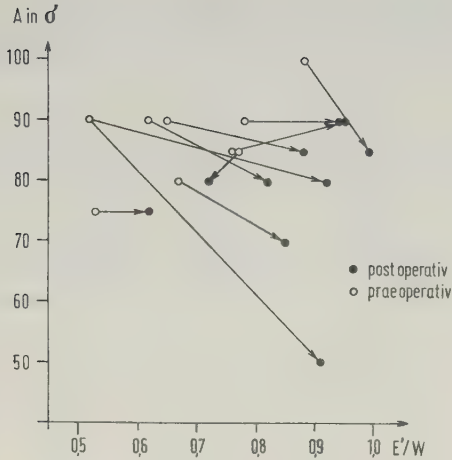


Abb. 5: Anspannungszeit (Ordinate) in Abhängigkeit vom Quotienten E/W (Abszisse).

Bei Normalisierung des Dämpfungsfaktors E/W nimmt die Anspannungszeit normalere Werte an. Weitere Einzelheiten werden in der Diskussion besprochen.

Tabelle 19: Druckanstiegszeit, Herzfrequenz, Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	DAZ	Fr.	E/W	DAZ	Fr.	E/W
17	0,05	87,6	0,88	0,025	87,6	0,99
21	0,02	59,6	0,52	0,02	81,6	0,92
25	0,035	71,45	0,76	0,03	78,45	0,95
32	0,03	70,6	0,65	0,025	80,55	0,88
40	0,03	66,0	0,88	0,025	69,0	0,94
41	0,025	87,6	0,53	0,035	76,9	0,62
43	0,03	49,6	0,62	0,025	69,0	0,82
44	0,04	69,8	0,52	0,01	68,2	0,91
62	0,035	101,7	0,77	0,025	85,2	0,72
87	0,03	83,4	0,67	0,015	91,0	0,85

Tabelle 20: Quotient S/A, Herzindex und die nach der Operation vergangene Zeit in Jahren (Post.Z.)

Pat.- Nr.	Präoperativ		Postoperativ		
	S/A	H _I	S/A	H _I	Post.Z.
17	2,2	2,345	2,945	2,945	2/12
21	3,39	2,06	3,375	2,895	3/12
25	3,53	2,225	3,225	2,875	1 6/12
32	3,225	2,23	3,295	2,6	3/12
40	3,0	1,97	3,225	2,635	2 11/12
41	3,535	1,93	3,535	2,17	2 7/12
43	3,665	1,92	4,0	2,695	4/12
44	3,335	1,068	6,8	2,385	10/12
62	2,53	2,115	3,255	2,32	3 7/12
87	3,625	2,555	4,0	2,58	3/12

Gruppe 6

Diese Gruppe enthält Patienten, die schlechte postoperative Werte aufweisen: Der Herzindex ist entweder unter die Norm ($3 \text{ l/m}^2/\text{min.}$) gefallen oder hat den vor der Operation unter der Norm liegenden Wert nicht - nur in zwei Fällen wurde dieser leicht überschritten - erreicht. Fallzahl: 22. Dies entspricht einem Prozentsatz von 28,95 % der gesamten Fallzahl (76 Fälle).

Tabelle 21: Mittelwerte, Streubreite der Einzelwerte und mittlere Fehler der Mittelwerte

Meßgröße	Präoperativ				Postoperativ	
	m	$\bar{G}$	$\overline{3\sigma}$	m	$\bar{G}$	$\overline{3\sigma}$
UZ, sec	0,053	0,0097	0,0062	0,056	0,0089	0,0057
A, sec	0,078	0,014	0,0091	0,086	0,014	0,0090
DAZ, sec	0,024	0,010	0,0067	0,030	0,0095	0,0061
S/A	3,67	0,71	0,45	3,34	0,50	0,32
Vs, ml	53,63	20,22	12,93	49,46	16,37	10,47
E/W	0,99	0,27	0,17	0,73	0,14	0,089
H _I	3,16	0,70	0,45	2,34	0,40	0,25

Tabelle 21a

Meßgröße	UZ	A	DAZ	S/A	Vs	E/W	H _I
Signifi- kanter Unter- schied	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja

Tabelle 22: Anspannungszeit, Herzfrequenz und Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	A	Fr.	E/W	A	Fr.	E/W
5	0,06	100,0	1,24	0,08	80,5	0,80
6	0,075	80,0	0,88	0,105	53,1	0,56
11	0,08	100,0	1,12	0,07	80,0	0,89
12	0,09	80,0	0,83	0,10	63,8	0,64
16	0,115	66,0	0,74	0,11	63,85	0,57
23	0,095	65,95	0,68	0,09	61,9	0,61
24	0,085	58,3	0,71	0,11	96,8	0,97
26	0,105	80,0	0,84	0,11	65,2	0,51
35	0,075	107,0	1,89	0,075	85,1	0,78
37	0,07	82,8	0,94	0,08	76,45	0,82
38	0,07	75,3	1,03	0,075	73,2	0,85
42	0,065	94,5	1,14	0,08	93,1	0,80
48	0,06	79,0	0,82	0,075	67,3	0,72
49	0,075	92,4	0,96	0,07	85,8	0,89
55	0,085	68,2	0,95	0,11	70,2	0,76
61	0,085	64,6	0,78	0,09	66,7	0,79
63	0,065	75,0	0,96	0,08	66,0	0,59
66	0,08	80,5	1,16	0,08	73,2	0,92
72	0,065	69,0	0,76	0,075	72,75	0,82
75	0,065	61,25	0,77	0,075	73,2	0,51
77	0,085	88,25	1,41	0,08	79,0	0,76
78	0,07	88,3	1,10	0,09	73,2	0,56

Tabelle 23: Druckanstiegszeit, Herzfrequenz, Quotient E/W

Pat.- Nr.	Präoperativ			Postoperativ		
	DAZ	Fr.	E/W	DAZ	Fr.	E/W
5	0,015	100,0	1,24	0,025	80,5	0,82
6	0,03	80,0	0,88	0,035	53,1	0,56
11	0,035	100,0	1,12	0,03	80,0	0,89
12	0,015	80	0,83	0,04	63,8	0,64
16	0,045	66,0	0,74	0,04	63,85	0,57
23	0,03	65,95	0,68	0,03	61,9	0,61
24	0,03	58,3	0,71	0,045	96,8	0,97
26	0,05	80,0	0,84	0,055	65,2	0,51
35	0,03	107,0	1,89	0,03	85,1	0,78
37	0,02	82,8	0,94	0,015	76,45	0,82
38	0,015	75,3	1,03	0,025	73,2	0,85
42	0,015	94,5	1,14	0,035	93,1	0,80
48	0,02	79,0	0,82	0,025	67,3	0,72
49	0,025	92,4	0,96	0,025	85,8	0,89
55	0,025	68,2	0,95	0,04	70,2	0,76
61	0,035	64,6	0,78	0,03	66,7	0,79
63	0,010	75,0	0,96	0,015	66,0	0,59
66	0,015	80,5	1,16	0,02	73,2	0,92
72	0,025	69,0	0,76	0,025	72,75	0,82
75	0,010	61,25	0,77	0,025	73,2	0,51
77	0,025	88,25	1,41	0,03	79,0	0,76
78	0,03	88,3	1,10	0,035	73,2	0,56

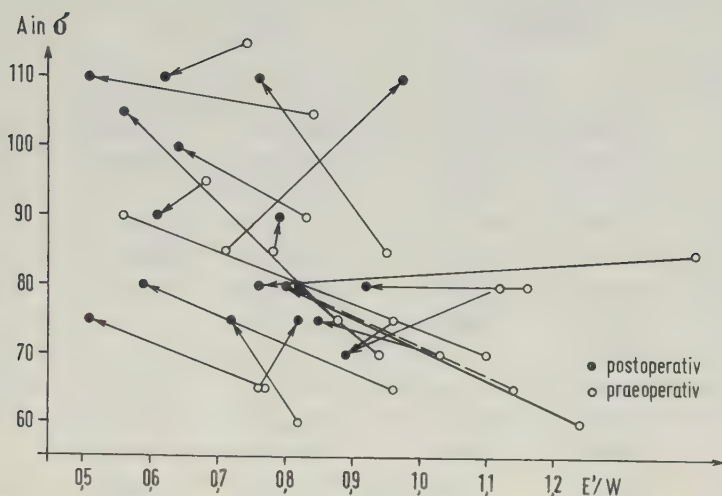


Abb. 6: Anspannungszeit in Abhängigkeit vom Quotienten E/W. Während der Dämpfungsfaktor E/W kleiner wird, wird die Anspannungszeit länger. Ordinate: Anspannungszeit, Abszisse: E/W.

Tabelle 24: Quotient S/A, Herzindex und die nach der Operation vergangene Zeit in Jahren (Post.Z.)

Pat.- Nr.	Präoperativ		Postoperativ		
	S/A	H _I	S/A	H _I	Post.Z.
5	4,5	3,55	3,5	2,315	1 2/12
6	3,8	2,815	3,095	2,055	2 9/12
11	2,935	3,035	4,145	2,31	4 1/12
12	3,115	3,335	3,0	2,22	7/12
16	2,305	1,832	2,725	1,741	1 3/12
23	3,21	2,38	3,275	1,859	1

Tabelle 24 (Fortsetzung)

Pat.- Nr.	Präoperativ		Postoperativ		
	S/A	H _I	S/A	H _I	Post.Z.
24	3,415	2,535	2,135	2,805	2/12
26	2,525	2,7	2,725	2,01	3 10/12
35	3,2	5,29	3,265	2,525	?
37	4,145	3,295	3,565	2,835	8/12
38	4,43	3,38	3,8	2,475	1 9/12
42	3,615	3,555	3,065	2,155	2 2/12
48	5,058	2,725	4,27	2,59	1 1/12
49	3,535	3,22	3,785	2,57	4 6/12
55	3,47	3,88	2,685	3,025	5/12
61	3,53	2,91	3,115	2,94	6/12
63	4,6	2,995	3,565	1,83	2 6/12
66	3,44	3,495	3,565	2,795	3 10/12
72	4,155	2,715	3,6	2,66	3 8/12
75	4,77	3,055	3,8	2,105	2
77	3,295	2,775	3,5	1,756	3
78	3,86	4,255	3,335	1,965	4 3/12

IV. Diskussion

Gruppe 1

Aus den Mittelwerten der Tabelle 1 geht hervor, daß der Wert der Umformungszeit nach der Operation unverändert normal geblieben ist und daß die Anspannungs- und Druckanstiegszeit normalere Werte annehmen. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist für die Umformungszeit postoperativ etwas größer, für die anderen zwei Meßgrößen praktisch gleich groß. Es fand sich zwischen den prä- und postoperativen Werten kein signifikanter Unterschied (Tab. 1a). Der Quotient S/A ist von 3,55 auf 3,79 nach der Operation angestiegen. Ebenso ist das Schlagvolumen von 45,29 ml auf 62,96 ml größer geworden. Durch das Ansteigen des Schlagvolumens steigt auch das Herzminutenvolumen und damit der Herzindex an. Entsprechend ist die Leistungsfähigkeit des Herzens besser geworden. Der Dämpfungsfaktor E/W normalisiert sich von 0,77 vor auf 1,03 nach der Operation. Damit hat sich der periphere Widerstand normalisiert. Der Herzindex normalisiert sich auf einen Wert von $3,7 \text{ l/m}^2/\text{min}$. Der präoperative Wert lag mit einem Wert von $2,63 \text{ l/m}^2/\text{min}$ unterhalb des Normalbereiches von $3 - 4 \text{ l/m}^2/\text{min}$. Ein signifikanter Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Werten fand sich für das Schlagvolumen, den Dämpfungsfaktor E/W und den Herzindex, nicht für den Quotienten S/A (Tab. 1a).

Besprechung der Einzelwerte:

Die Anspannungszeit (Tab. 2) wird von der Frequenz nicht einheitlich beeinflusst. Darauf hat schon Blumberger (1) hingewiesen, daß bei einer Frequenzsteigerung sowohl Verkürzungen als auch Verlängerungen vorkommen. Das ist so zu erklären, daß bei einer Frequenzsteigerung des Herzens viele Faktoren verändert werden, die sich teils in ihrer Wirkung auf die Anspannungszeit aufheben, teils summieren. Die Anspannungszeit wird postoperativ normaler, d.h. die vor der Operation nur leicht verlängerte und im Normbereich liegende Dauer wird verkürzt. Bei den Fällen 31, 54 und 73, bei denen die Anspannungszeit mit 0,10 sec an der oberen Grenze der Norm lag, wird sie normalisiert (jeweils

0,095, 0,08, 0,08 sec). Bei einigen Fällen (Nr. 13, 15, 39, 56, 81) schwankt sie entweder im Normbereich oder sie bleibt unverändert normal. Beim Pat.-Nr. 91 wurde die Anspannungszeit von 0,095 sec präoperativ auf 0,105 sec postoperativ über die obere Grenze des Normalbereiches verlängert, trotz des völlig normal gebliebenen Dämpfungsfaktors $E/W = 1,13$, weil das Schlagvolumen postoperativ fast doppelt so groß geworden ist (präop.: 27, 65 ml postop.: 49,95 ml). Allerdings war diese Zunahme des Schlagvolumens nach 4 Jahren zu verzeichnen. In Abhängigkeit vom Quotienten E/W wird die Anspannungszeit kürzer mit Zunahme des genannten Quotienten, d.h. Abnahme des peripheren Widerstandes. Die Verkürzung (Normalisierung) der Anspannungszeit ist durch den Abfall (Normalisierung) des peripheren Widerstandes bedingt (1, 2, 3). Die Abbildung 1 zeigt, daß der Quotient E/W größer wird, d.h. der periphere Widerstand abnimmt. Dabei wird die Anspannungszeit kürzer. Der Normalbereich des genannten Quotienten liegt zwischen 0,8 und 1,2, Idealwert um 1,0.

Die Druckanstiegszeit hat deutlich abgenommen mit zunehmender Frequenz des Herzens und bei Abnahme des peripheren Widerstandes (9). Bei den Fällen 47, 65, 80 blieb die Druckanstiegszeit bei normalisiertem Dämpfungsfaktor E/W (und damit des peripheren Widerstandes) unabhängig von der Herzfrequenz unverändert normal. Beim Fall 81 ist der Wert in die obere Grenze des Normalbereiches (0,045 sec) gerückt, obwohl der Quotient E/W sich normalisierte (Tab. 3). Bei diesen Fällen wird postoperativ ein großes Schlagvolumen ausgeworfen. Aus dem gleichen Grund wird die Druckanstiegszeit beim Fall 91 von 0,035 sec vor auf 0,04 sec nach der Operation verlängert. Beim Fall 56 normalisiert sich der Wert auf 0,02 sec (präop.: 0,01 sec). Die Umformungszeit bleibt frequenzunabhängig (9).

Über den Quotienten S/A und Herzindex H_I orientiert Tabelle 4. Auffallend ist, daß die Werte des Quotienten S/A bei allen Fällen, bis auf den Fall 91, sowohl prä- als auch postoperativ im Normbereich liegen. Beim Fall 91 liegt er mit 2,5 prä- wie postoperativ bei völlig normalem E/W von 1,0, 1,1 an der unteren Grenze der normalen Größenordnung von 2,5. Der Herzindex normalisiert sich allerdings von $2,3 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ vor auf $3,1 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ nach der Operation. Bei den anderen Fällen normalisiert sich der Herzindex ebenfalls. Bei den Fällen 10, 56, 67 und 82 wird der bereits vor der Operation normale Wert des Herzindex jeweils 3,2, 3,11, 3,44 und 3,6 $\text{l/m}^2/\text{min.}$ nach der Operation noch größer, d.h. 3,7, 3,98, 4,1 und 4,4 $\text{l/m}^2/\text{min.}$ Die untere Grenze der normalen Größenordnung des Quotienten $S/A = \text{Austreibungszeit/Anspannungszeit}$ ist, wie oben erwähnt, 2,5. Nach Blumberger (1, 4) ist diese untere Grenze für die Beurteilung der Herzkraft wichtig: Eine Unterschreitung dieser Grenze erlaubt einem, eine Herabminderung der Herzkraft anzunehmen. Die Größe des genannten Quotienten ist vor allem von der Herzfüllung und Herzkraft abhängig. Durch Vergrößerung der Herzfüllung und Steigerung der Herzkraft wird der Quotient vergrößert, plötzliche Verminderungen der Herzfüllung verkleinern den Quotienten. Eine Verminderung der Herzkraft verkleinert den Quotienten nicht immer, da durch das eigentümliche Verhalten der Austreibungszeit, die zunächst unbeeinflusst bleibt, später verlängert und am Ende verkürzt wird, diese Beziehung unterbrochen werden kann (4).

Gruppe 2

Aus den Zahlen der Tabelle 5 (Mittelwerte) geht hervor, daß die Werte der Umformungs-, Anspannungs- und der Druckanstiegszeit nach der Operation etwas kürzer geworden sind, d.h. normaler. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist postoperativ viel kleiner als präoperativ. Es besteht jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Werten. Der Quotient S/A vergrößert sich von 3,63 auf 3,75 nach der Operation. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen

den beiden Werten. Das Schlagvolumen, das von 36,37 ml vor auf 49,46 ml nach der Operation wird, weist ebenfalls keinen signifikanten Unterschied auf. Auffällig ist der Quotient E/W , der von 1,23 vor bereits auf 1,52 nach der Operation ansteigt. Das bedeutet, daß der periphere Widerstand beträchtlich ~~abnimmt~~. Dabei ist darauf hinzuweisen, daß der präoperative Wert 1,23 im Normbereich lag. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen dem prä- und postoperativen Wert. Es ist noch darauf hinzuweisen, daß der Quotient E/W nicht konstant ist. Denn E' der Arterien wird mit abnehmendem Druck kleiner, da der Elastizitätsmodul der Arterienwände hierbei kleiner wird. Da außerdem mit abnehmendem Druck der periphere Widerstand ansteigt, muß während des diastolischen Absinkens des Arteriendrucks der Quotient E/W abnehmen, d.h. die Zeitkonstante W/E' zunehmen (13). Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen dem präoperativen Wert des Herzindex mit $3,49 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ zum postoperativen Wert von $4,82 \text{ l/m}^2/\text{min.}$

Besprechung der Einzelwerte:

Aus den Zahlen der Tabelle 6 ist die Abnahme der Anspannungszeit mit zunehmender Zunahme des Dämpfungsfaktors E/W ersichtlich. Außerdem ist die nicht einheitliche Beeinflussung der Anspannungszeit von der Herzfrequenz zu sehen. Während diese bei den Fällen 3, 7 und 29 von der Schlagzahl unbeeinflusst bleibt, nimmt sie bei den Fällen 9 und 28 mit zunehmender Herzfrequenz leicht ab. Allgemein fällt der niedrige Wert der Anspannungszeit dem Alter entsprechend auf (7, 8). Ferner ist auf die starke Abnahme des peripheren Widerstandes (Zunahme des Dämpfungsfaktors E/W), der ohnehin erniedrigt war, besonders beim Fall 57, hinzuweisen bei gleichzeitig hoher Herzfrequenz. Es handelte sich beim Fall 57 um ein siebenjähriges Kind. Die weitere Abnahme des Widerstandes hat zu einer Verkürzung (Normalisierung) der Anspannungszeit geführt (Fälle 9 und 76) (1, 2, 3). Siehe auch Abb. 2. Wie sich die Druckanstiegszeit verhält, zeigt Tabelle 7. Aus den Zahlen geht hervor (70, 79, 86), daß trotz Frequenzzunahme und Widerstandsabnahme (Zunahme des E/W) keine Abnahme der Druckanstiegszeit erfolgt. Vielmehr erfolgt eine deutliche

Zunahme nach der Operation, wenn auch der neue postoperative Wert innerhalb des Normbereiches liegt. Nur bei den Fällen Nr. 9 und 28 besteht eine deutliche Abnahme bei zunehmender Frequenz und Abnahme des peripheren Widerstandes. Dagegen ist die Druckanstiegszeit bei den Fällen 3, 7 und 29 sowohl von der Frequenz als auch vom Widerstand (peripheren) unabhängig unverändert normal geblieben: jeweils 0,015 sec, 0,015 sec, 0,02 sec. Der Dämpfungsfaktor E/W ist fast unverändert nach der Operation gleich geblieben, außer beim Fall 3, bei dem sich dieser mit 1,48 (präop.: 1,64) zum Normbereich hin verschiebt. Diese Tatsache erklärt, warum die Druckanstiegszeit bei diesen drei Fällen (3, 7, 29) unverändert normal blieb. Auffallend sind ferner die Fälle 57 und 76, bei denen die Druckanstiegszeit vom pathologischen Wert 0,005 (sehr niedrig) zu 0,015 sec (untere Grenze des Normbereiches) nach der Operation wurde für den ersten, und von 0,05 (hoher Wert) zu 0,025 sec (Idealwert) wurde für den zweiten Fall. Die Umformungszeit bleibt frequenzunabhängig (9).

Der Quotient S/A (Tab. 8) nimmt postoperativ meist etwas zu, wobei allerdings der präoperative Wert völlig normal war, bis auf den Fall 76, bei dem der präoperative Wert von 2,15 weit unter der unteren Grenze der normalen Größenordnung von 2,5 lag, wurde aber nach der Operation zu 4,0 völlig normalisiert. Der Grund für diesen niedrigen Wert von 2,15 liegt darin, daß präoperativ ein kleines Schlagvolumen, nämlich 13,6 ml, ausgeworfen wurde, so daß die Austreibungszeit verkürzt, die Anspannungszeit aber verlängert war und so ein kleiner Quotient resultierte. Bei den Fällen 57 und 70 schwankt der Quotient innerhalb des Normbereiches: Fall 57: von 5,2 vor zu 3,77 nach der Operation, Fall 70: von 5,5 präop. wurde 3,0 postop.. Die Herzindices, die zum Teil vor der Operation normal waren, erreichten nach der Operation den Normalwert (über $3,0 \text{ l/m}^2/\text{min.}$) zwischen $3,2$ und $5,0 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ Auffallend ist der Fall 57, bei dem der Herzindex von $6,69 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ vor auf $9,66 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ nach der Operation ansteigt.

Gruppe 3

Aus den Zahlen (Mittelwerte) der Tabelle 9 sieht man, daß die Werte der Umformungs-, Anspannungs- und Druckanstiegszeit nach der Operation praktisch unverändert normal geblieben sind. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist nach der Operation für die Umformungszeit gleich groß, für die Anspannungszeit kleiner und für die Druckanstiegszeit etwas größer (0,006 sec vor, 0,007 sec nach der Operation). Während Schlagvolumen und Quotient E/W postoperativ unverändert bleiben, sind die Werte des Quotienten S/A und des Herzindex kleiner geworden, liegen jedoch im Normbereich. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist jedoch für alle vier genannten Größen postoperativ kleiner. Ein signifikanter Unterschied für alle hämodynamischen Größen zwischen den prä- und postoperativen Werten besteht nicht (Tab. 9a).

Besprechung der Einzelwerte:

Das Verhalten der Anspannungszeit zeigt Tabelle 10. Von den Zahlen ist zu ersehen, daß diese im Normbereich schwankt. Der Grund dafür ist, daß der Dämpfungsfaktor E/W zwischen 1,1 und 0,85 im Normbereich liegt. Beim Fall 36 wurde der Dämpfungsfaktor E/W von 0,77 auf 1,17 normalisiert. Bei den Fällen 45 und 59 ist die Anspannungszeit leicht verkürzt, bleibt jedoch weiterhin normal. Das ist für den Fall 45 durch das größere postoperative Schlagvolumen, 45,25 ml (präop.: 37,25 ml), für den Fall 59 nicht eindeutig zu erklären, zumal der Quotient E/W leicht abgenommen, d.h. der periphere Widerstand leicht zugenommen hat (präop.: 0,98; postop.: 0,85). Nicht eindeutig ist zu erklären das Verhalten der Anspannungszeit beim Fall 88, bei dem diese einen besseren Wert annimmt, obwohl der Dämpfungsfaktor E/W von 0,75 auf 0,71 abgesunken ist. Die Abbildung 3 zeigt die Abhängigkeit der Anspannungszeit vom Quotienten E/W graphisch dargestellt.

Die Druckanstiegszeit (Tab. 11) nimmt mit zunehmender Herzfrequenz deutlich ab (Nr. 45, 58), oder sie schwankt im Normbereich. Beim Fall 52 wird sie von 0,01 sec (verkürzt) zu 0,015 sec (untere Grenze des Normbereiches) normalisiert. Bei den Fällen 36 und 64 bleibt die Druckanstiegszeit unabhängig vom Widerstand unverändert normal (0,02 sec bzw. 0,015 sec). Der Dämpfungsfaktor E/W wurde von 0,77 auf 1,17 nach der Operation normalisiert (Pat.Nr. 36). Für den Fall 64 bleiben die Werte mit 1,15 vor und 1,0 nach der Operation praktisch unverändert normal. Die Druckanstiegszeit bleibt beim Fall 88 trotz stärkeren Absinkens des E/W (0,75 vor, 0,71 nach der Operation) normal (0,025 sec, 0,03 sec).

Der Quotient S/A (Tab. 12) nimmt zwar postoperativ meist leicht ab, bleibt jedoch im Normbereich (über 3,0). Bei den Fällen 45, 59 und 88 nimmt er nach der Operation zu: jeweils von 3,86, 3,86 und 3,47 vor auf 5,0, 4,15 und 3,69 nach der Operation angestiegen. Der Herzindex (Tab. 12) nimmt postoperativ leicht ab, bleibt jedoch im Normbereich. Beim Pat.-Nr. 45 ist er unverändert normal geblieben (3,23 präop., 3,26 $l/m^2/min.$ postop.).

Gruppe 4

Aus den Zahlen (Mittelwerte) der Tabelle 13 ist ersichtlich, daß die Werte der Umformungs-, Anspannungs- und Druckanstiegszeit postoperativ nur geringfügig länger geworden sind, sie liegen jedoch im Normbereich. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist für die Umformungs- und Anspannungszeit postoperativ kleiner, der für die Druckanstiegszeit etwas größer (0,009 präop., 0,011 sec post.). Der Quotient S/A ist kleiner geworden, bleibt jedoch normal. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist allerdings postoperativ kleiner (1,03 präop., 0,62 postop.). Das Schlagvolumen nahm von 48,48 ml vor auf 53,65 ml nach der Operation nur wenig zu. Sein mittlerer Fehler des Mittelwertes ist prä- wie postoperativ gleich groß. Der Dämpfungsfaktor E/W wurde von 1,48 vor auf 1,18 nach der Operation normalisiert.

Der Herzindex wurde von 4,59 vor auf 4,03 nach der Operation erniedrigt, er liegt jedoch im Normbereich. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist für den E/W postoperativ größer (0,24 prä-op., 0,40 postop.), für den Herzindex kleiner. Ein signifikanter Unterschied für alle Meßgrößen prä- und postoperativ besteht nicht (Tab. 13a).

Besprechung der Einzelwerte:

Die Anspannungszeit (Tab. 14) wird von der Frequenz des Herzens uneinheitlich beeinflusst. Sie schwankt im Normbereich. Auffallend sind die Fälle 1 und 30. Beim Fall 1 ist die Anspannungszeit von 0,095 sec auf 0,085 zum Idealwert hin verschoben, beim Fall 30 von 0,085 sec auf 0,10 sec an die obere Grenze des Normbereiches gerückt. Der Grund dafür ist, daß der Dämpfungsfaktor E/W von 1,2 auf 0,91 abnahm infolge leichter Zunahme des peripheren Widerstandes. Er liegt jedoch im Normbereich. Die Widerstandssteigerung wirkt auf die Anspannungszeit verlängernd (Kj. Blumberger). Ferner fällt der Fall 27 auf, bei dem der Dämpfungsfaktor E/W von 1,74 vor, auf 1,8 nach der Operation angestiegen ist infolge Abnahme des peripheren Widerstandes. Die Anspannungszeit bleibt hierbei unverändert normal. Die Abbildung 4 zeigt die Abhängigkeit der Anspannungszeit vom Quotienten E/W .

Die Druckanstiegszeit (Tab. 15) normalisiert sich infolge Normalisierung des vor der Operation erniedrigten Quotienten E/W . Nur beim Fall 30 ist der Wert (0,030 sec) in die obere Grenze des Normbereiches gerückt infolge leichter Widerstandssteigerung. Über den Quotienten S/A und Herzindex orientiert Tabelle 16. Auffallend ist dabei der Fall 30, bei dem der Quotient S/A von 3,2 vor auf 2,9 nach der Operation erniedrigt wurde infolge Verlängerung der Anspannungszeit. Die Werte des Herzindex nehmen leicht ab, liegen jedoch im Bereich der Norm.

Gruppe 5

Aus den Zahlen (Mittelwerte) der Tabelle 17 ist ersichtlich, daß die Umformungszeit postoperativ unverändert normal geblieben ist (0,055 sec). Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist postoperativ allerdings größer. Die Anspannungs- und Druckanstiegszeit erreichen nach der Operation normalere Werte. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist für die Anspannungszeit postoperativ größer, für die Druckanstiegszeit geringer. Der Quotient S/A stieg von 3,2 vor, auf 3,76 nach der Operation an. Sein mittlerer Fehler des Mittelwertes ist postoperativ größer (0,46 präoperativ 1,06 postoperativ). Das Schlagvolumen ist nur wenig erhöht. Sein mittlerer Fehler des Mittelwertes ist postoperativ größer (17,9 ml präop., 22,1 ml postop.). Der Dämpfungsfaktor E/W normalisiert sich von 0,67 auf 0,86 infolge leichter Abnahme des peripheren Widerstandes. Dadurch wurden günstigere Verhältnisse für den Blutausswurf geschaffen. Sein mittlerer Fehler des Mittelwertes ist postoperativ kleiner geworden. Der Herzindex wurde von $2,04 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ auf $2,61 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ erhöht, hat aber den Normalbereich nicht erreicht. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist aber hierbei postoperativ kleiner geworden ($0,37 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ präop., $0,24 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ postop.). Ein signifikanter Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Werten besteht nur für die Druckanstiegszeit, den Quotienten E/W und für den Herzindex (Tab. 17a).

Besprechung der Einzelwerte:

Aus den Zahlen der Tabelle 18 ist ersichtlich, daß die Anspannungszeit kaum von der Frequenz, wohl aber vom peripheren Widerstand beeinflusst wird. Der periphere Widerstand nämlich nimmt nach der Operation ab; dabei wird die Anspannungszeit kürzer (1, 2, 3) und das Schlagvolumen größer. Ausnahme bildet der Fall 62, bei dem die postoperative Verkürzung der Anspannungszeit nicht eindeutig zu erklären ist, zumal der Dämpfungsfaktor E/W stärker abgenommen, d.h. der periphere Widerstand stärker zugenommen hat (0,77 präop., 0,72 postop.). Die Abbildung 5 zeigt die Abhängigkeit der Anspannungszeit vom Dämpfungsfaktor E/W .

Die Druckanstiegszeit (Tab. 19) nimmt mit zunehmender Schlagzahl und abnehmendem peripheren Widerstand ab. Eine Ausnahme bildet der Fall 62. Es handelt sich um ein sechsjähriges Kind, bei dem die Druckanstiegszeit vor der Operation 0,035 sec betrug bei einer Frequenz von 101,7 Schlägen in der Minute, während sie nach der Operation 0,025 sec beträgt bei einer Frequenz von 85,20 Schlägen in der Minute. Dies steht jedoch nicht im Gegensatz zu dem vorhin Gesagten, da das Kind bei der postoperativen Untersuchung bereits neun Jahre alt war. Beim Fall 17 ist die Druckanstiegszeit von 0,05 sec auf 0,025 sec normalisiert. Beim Fall 21 bleibt sie postoperativ mit 0,02 sec unverändert normal. Die Umformungszeit bleibt frequenzunabhängig (in der Tabelle nicht eingetragen). Der Quotient S/A (Tab. 20) nimmt postoperativ meist größere Werte an. Der beim Fall 17 weit unter der Norm gelegene Wert von 2,2 wird auf 2,945 postoperativ normalisiert. Desgleichen beim Fall 62: Hierbei normalisiert sich der Quotient von 2,53 vor auf 3,25 nach der Operation. Der Herzindex (Tab. 20) wird zwar postoperativ größer, erreicht aber den Normbereich nicht.

Gruppe 6

Aus den Zahlen (Mittelwerte) der Tabelle 21 geht hervor, daß die Werte der Umformungs-, Anspannungs- und Druckanstiegszeit nach der Operation zwar länger werden, sie bleiben jedoch im Normbereich. Der Quotient S/A wird von 3,67 auf 3,34 nach der Operation erniedrigt, er bleibt jedoch normal. Das Schlagvolumen nimmt postoperativ von 53,65 ml auf 49,46 ml ab. Der Quotient E/W fällt mit 0,99 vor und 0,73 nach der Operation unter die untere Normgrenze. Damit sind die Auswurfsverhältnisse des Herzens ungünstiger geworden, da das Herz einen erhöhten Widerstand zu überwinden hat. Der Herzindex ist von 3,16 auf 2,34 $l/m^2/min.$ erniedrigt. Damit ist die Leistungsfähigkeit des Herzens herabgesetzt. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist für alle Meßgrößen postoperativ kleiner geworden. Ein signifikanter Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Werten besteht nur für den Dämpfungsfaktor E/W und den Herzindex (Tab. 21a)

Besprechung der Einzelwerte:

Die Anspannungszeit (Tab. 22) wird meist nach der Operation verlängert, liegt jedoch meist im Normbereich, in einigen Fällen in dessen oberer Grenze. Bei den Fällen 6, 16, 26 und 55 ist die obere Grenze (0,10 sec) überschritten. Der Grund dafür ist die Steigerung des peripheren Widerstandes (Abnahme des E/W). Die Verlängerung der Anspannungszeit hängt von der Widerstandssteigerung ab. Je größer die Widerstandssteigerung, um so mehr wird die Verlängerung sein. So nimmt beim Fall 5 der Quotient E/W von 1,24 (obere Normgrenze) auf 0,8 (untere Normgrenze) ab, d.h. der periphere Widerstand zu, die Anspannungszeit aber von 0,06 auf 0,08 sec zu. Bei den Fällen 6, 16, 26 und 55, bei denen der Quotient E/W unter die untere Normgrenze (0,8) gefallen ist, beträgt die Anspannungszeit jeweils 0,105, 0,11, 0,11 und 0,11 sec. Desgleichen beim Fall 12. Nicht eindeutig zu erklären ist indessen das Verhalten der Anspannungszeit beim Fall 24, bei dem ihr Wert den Normbereich überschreitet, obwohl der Quotient E/W von 0,71 auf 0,97 völlig normal wurde. Beim Fall 23 ist die Anspannungszeit sogar kürzer geworden (0,095 sec präop., 0,09 sec postop.) trotz des weiter von 0,68 auf 0,61 abgenommenen Quotienten E/W . Das ist folgendermaßen zu erklären: Auf eine Widerstandserhöhung folgt die primäre Reaktion des Herzens, nämlich die Verlängerung der Austreibungszeit. Durch das im Herzen verbleibende größere Restvolumen können die Sekundärreaktionen des Herzens eingeleitet werden, die beim Menschen erkennbar und meßbar werden, wenn die dem erhöhten Druck adäquate größere Herzfüllung, höherer Füllungsdruck, Verminderung der prä systolischen Druckdifferenz erreicht sind, die ihrerseits wieder kürzere Druckanstiegs- und Anspannungszeit zuläßt. Das Schlagvolumen wird wieder größer und übersteigt gelegentlich seinen Ausgangswert, um wahrscheinlich seine zeitweise Minderung zu kompensieren (3). Desgleichen bei den Fällen 48, 63, 75, 77 und 78, bei denen der Quotient E/W zumeist weit unter 0,8 gefallen ist, die Anspannungszeit aber nur sehr wenig oder überhaupt nicht verlängert oder sogar kürzer gefunden und im Normbereich liegt.

Die Abbildung 6 zeigt die Abhängigkeit der Anspannungszeit vom Dämpfungsfaktor E/W .

Die Druckanstiegszeit (Tab. 23) nimmt meist deutlich ab mit zunehmender Frequenz. Ausnahmen bilden die Fälle 24, 55 und 75. Das ist für den Fall 24 nicht eindeutig, zumal der Quotient E/W von 0,71 auf 0,97 normal wurde, für den Fall 55 infolge peripherer Widerstandserhöhung, zu erklären. Beim Fall 75 ist der Wert von 0,010 sec auf 0,025 normalisiert. Bei den Fällen 23, 35, 49 und 72 bleibt die Druckanstiegszeit unverändert normal, obwohl der Quotient E/W bei den Fällen 23 und 35 stark abnimmt. Die Umformungszeit hält sich unbeeinflusst von der Frequenz im Normbereich. Beim Fall 12 ist sie von 0,075 sec auf 0,06 sec normalisiert. Von der Widerstandserhöhung wird sie kaum beeinflusst (3). Bei den Fällen 6, 16 und 55 hält sie sich postoperativ in der oberen Normgrenze (0,07 sec). Bei diesen Fällen ist der periphere Widerstand erheblich gestiegen (von 0,88, 0,74, 0,95 vor auf 0,56, 0,57, 0,76 nach der Operation).

Über den Quotienten S/A und den Herzindex orientiert Tabelle 24. Der Quotient S/A nimmt postoperativ niedrigere Werte an, liegt jedoch im Normbereich. Dagegen nimmt der Herzindex Werte an, die weit unterhalb des Normbereiches liegen mit einer unten zu besprechenden Ausnahme. Auch bei den Fällen (11, 49, 66, 77), bei denen der Quotient S/A postoperativ größer wurde, nimmt der Herzindex stärker ab. Bei den Fällen 16 und 26 erreicht der Quotient S/A nach der Operation den Normbereich nicht. Beim Fall 24 sinkt der Quotient S/A von 3,4 vor auf 2,1 nach der Operation weit unter die untere Grenze der normalen Größenordnung (2,5) ab. Der Herzindex aber weist hierbei einen besseren, jedoch unter der Norm liegenden Wert als vor der Operation auf. Beim Fall 55 sinkt der Quotient S/A von 3,47 auf 2,6 (untere Normgrenze), der Herzindex von 3,88 auf 3,0 $l/m^2/min$. (untere Normgrenze) ab.

V. Zusammenfassung

Bei zusammenfassender Betrachtung der wichtigsten prä- und postoperativen hämodynamischen Werte, nach der Methode von BROEMSER und RANKE (6, 12, 13, 1, 2, 3, 4, 10) bestimmt, ergeben sich für die Patienten mit einer Trichterbrust wichtige Feststellungen.

Ein präoperativ verkleinerter Herzindex mit einem Wert von weniger als $3,0 \text{ l/m}^2/\text{min.}$ ist in dieser Untersuchungsreihe in 51,30 % vorhanden. Bei 48,70 % der Patienten war der präoperative Herzindex im Normbereich. Vergleicht man die postoperativen Werte des Herzindex in den einzelnen Gruppen, so ergibt sich, daß in 74,4 % ein präoperativ verkleinerter Herzindex sich postoperativ gebessert hat. Dabei normalisierte der Herzindex sich in 48,8 %. Bei 25,6 % wurde der Herzindex besser gegenüber dem präoperativen Wert, aber noch nicht normal, und in ebenfalls 25,6 % wurde er nicht gebessert oder ist postoperativ kleiner geworden.

In den Gruppen mit einem normalen präoperativen Herzindexwert (48,70 % des Gesamtkollektivs) wurde der Herzindex postoperativ in 27 % etwas größer gegenüber dem Ausgangswert und in 43,5 % etwas kleiner, aber noch im Normbereich liegend. Eine postoperative Verminderung des präoperativ im Normbereich liegenden Herzindex wurde bei 32,50 % festgestellt.

Insgesamt kann man bezüglich des Herzindexwertes zwei Hauptgruppen der Trichterbrustpatienten aufstellen. Bei etwa der Hälfte besteht präoperativ ein verminderter Herzindex, d.h. ein reduziertes Herzzeitvolumen und somit eine periphere Minderdurchblutung im Großkreislauf. Diese konnte in 38,15 % gebessert werden, während bei 32,90 % der Patienten prä- und postoperativ keine signifikante Veränderung des normalen Herzindex aufgetreten ist. Eine Verschlechterung des Herzindex trat insgesamt bei 28,95 % des Gesamtkollektivs von 76 Patienten

auf, das in der Gruppe 6 dargestellt ist. Die Ursachen dieser postoperativen Herzindexveränderungen können hier im Rahmen dieser Übersicht nicht erörtert werden, da sie komplexer Natur sind.

Der Quotient S/A als Ausdruck der Herzkraft und Herzleistung ist infolge Veränderung der Kammerfüllung bis auf einen Patienten Nr. 24 in der Gruppe 6, postoperativ bei allen anderen Patienten, im Normbereich. Präoperativ bestand ein verminderter Herzleistungsquotient bei den Patienten Nr. 76/Gruppe 2 und Nr. 17/Gruppe 5 und gleichzeitig reduzierter Herzindex. Postoperativ konnte bei diesen Patienten nicht nur eine Normalisierung des Herzleistungsquotienten, sondern auch des Schlagvolumens gemessen werden.

Abschließend kann auf Grund der vorliegenden Ergebnisse die vergleichende Untersuchung der Herzhämodynamik vor und nach der Operation nach der Methode von Broemser und Ranke wertvolle Aufschlüsse beim Trichterbrustpatienten ergeben. Es kann festgestellt werden ob präoperativ eine gestörte Herzleistungsbreite vorhanden ist. Gleichzeitig erlauben die hier vorgelegten Befunde die Aussage, daß die operative Korrektur der Trichterbrust nicht nur aus kosmetischen Gründen notwendig ist. Mit der Operation wird gleichzeitig auch eine verbesserte Hämodynamik erreicht. Die postoperativ negativen Ergebnisse des Herzindex im Vergleich zum präoperativ normalen Wert des Herzzeitvolumens betrugen 15,8 %, bezogen auf das Gesamtkollektiv. Keine Besserung, sondern eine Verschlechterung wurde in 13,15 % postoperativ beobachtet. Eine genauere Analyse der negativen Befunde im Zusammenhang mit dem Röntgenbefund der Thoraxorgane, dem Elektrokardiogramm sowie der Lungenfunktionsprüfung und der Art der jeweils durchgeführten Operationsmethode wird sicher interessante zusätzliche Aussagen ermöglichen.

Die hier durchgeführte Gruppeneinteilung nach vergleichenden Ergebniswerten zwischen prä- und postoperativer Hämodynamik beim Trichterbrustpatienten ist nur zur allgemeinen Orientierung aufgestellt worden. Eine Prognose auf die postoperative Hämodynamik läßt sich darauf nicht mit Sicherheit ableiten. Die individuell objektive Beurteilung jedes einzelnen Patienten im Zusammenhang mit allen registrierbaren und meßbaren Einzelparametern, sowie die Langzeitbeobachtung vor und nach der Operation der Trichterbrust, einschließlich der Anamnese sollte man stets beachten.

VI. Literatur

1. Blumberger, K.: Was sagt das Größenverhältnis Austreibungszeit/Anspannungszeit über die Arbeit des Herzens aus?
Klin. Wsch., 20 (1941), 681 u. 708
2. Blumberger, K.: Die Dynamik des insuffizienten linken Herzens.
Klin. Wsch., 26 (1948), 353
3. Blumberger, K.: Die Wirkungen des peripherischen Kreislaufes auf die zeitliche Dynamik des Herzens beim Menschen.
22. Verhandlg. Dtsch. Gesellsch. Kreislauforschung (Darmstadt 1956), S. 79 ff.
4. Blumberger, K.: Die Herzdynamik in der klinischen Diagnostik.
In: Kreislaufmessungen. Bd.1, S.99,
(München 1958)
5. Bolt, W.: Die hämodynamischen Kreislaufgrößen im Kindesalter.
Klin. Wsch., 26 (1948), 590
6. Broemser Ph. und Ranke, O.F.: Über die Messung des Schlagvolumens auf unblutigem Weg.
Z. Biol. 90 (1930), 467
7. Hockerts, Th.: Untersuchungen zur Dynamik des gesunden kindlichen Herzens.
Z. Kinderheilk., 69 (1951), 431
8. Hockerts, Th.: Untersuchungen über die Dauer der isometrischen Kontraktionsphase des gesunden kindlichen Herzens.
Z. Kinderheilk., 71 (1952), 216
9. Holidack, K.: Die Bedeutung der Umformungs- und Druckanstiegszeit für die Herzdynamik.
Dtsch. Arch. klin. Med. 198 (1951), S.71

10. Linke, H.: Die physikalische Kreislaufanalyse.
In: Kreislaufmessungen. Bd. 1, S.160
(München 1958)
11. v. Mallinckrodt, H. und Gremmel, H.:
Die Trichterbrust.
Thoraxchirurgie (1960/61), 135
12. Ranke, O.F.: Die Theorie der Physik.
15. Verhandlg. Dtsch. Gesellsch. Kreislauf-
forschung (Darmstadt 1949), Anh.1.
13. Wetterer, E.; Kenner, Th.: Grundlagen der Dynamik des
Arterienpulses.
(Berlin- New York- Heidelberg, 1968)
14. Zenker, R. und P. Schmidt-Habelmann:
Kritische Anmerkungen zur operativen
Korrektur der Trichterbrust.
Langenbecks Arch. 319 (1967), 520.

Lebenslauf

Als Sohn des Landwirts Prodromos Caragiosis und dessen Ehefrau Paraskewi wurde ich, Savvas C a r a g i o s i s, in Akri-tochorion, Kreis Sindikis, Griechenland, am 18. März 1943 geboren.

Mit sechs Jahren begann ich den Volksschulbesuch in Akri-tochorion. Dieser dauerte sechs Jahre. Mit zwölf Jahren trat ich in das Gymnasium in Sidirokastron ein. Es besteht aus sechs Klassen. Ich besuchte es vom 13. bis zum 18. Lebensjahr.

Im Sommersemester 1962 und Wintersemester 1962/63 erlernte ich an der Technischen Hochschule Stuttgart die deutsche Sprache. Im Sommersemester 1963 war ich in der philosophisch-historischen Fakultät an der Universität Bern/Schweiz immatrikuliert. Ab Wintersemester 1963/64 studierte ich bis zum Wintersemester 1968/69 Medizin an der Universität Erlangen-Nürnberg.

Offsetdruck Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
